

27. 4. 2004

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

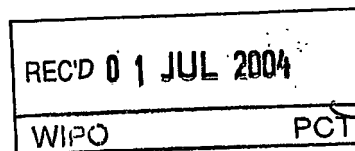
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 4月28日
Date of Application:

出願番号 特願2003-124011
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP 2003-124011]

出願人 日本電信電話株式会社
Applicant(s):

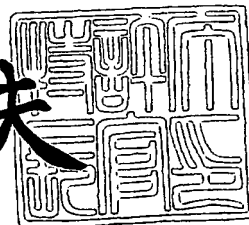


PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 6月 3日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 NTTH147648

【提出日】 平成15年 4月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03M

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 守谷 健弘

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 ヤン ダイ

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 池田 和永

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内

【氏名】 神 明夫

【特許出願人】

【識別番号】 000004226

【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社

【代理人】

【識別番号】 100066153

【弁理士】

【氏名又は名称】 草野 卓

【選任した代理人】

【識別番号】 100100642

【弁理士】

【氏名又は名称】 稲垣 稔

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002897

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9806848

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法、及び復号化方法と、
その各装置、その各プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列を整数形式の第 2 デジタル信号系列に変換する過程と、

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列を可逆圧縮して第 1 符号列を生成する過程と、

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列との差分と対応する浮動小数点形式の第 3 デジタル信号系列を生成する過程と、

上記浮動小数点形式の第 3 デジタル信号系列を可逆圧縮して第 2 符号列を生成する過程と

を有する浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法。

【請求項 2】 上記第 2 デジタル信号系列に変換する前に、上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号の指数部を調整する過程と、

上記調整した値と対した調整情報を符号化して補助符号を生成する過程とを有し、

上記指数部が調整された浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列に、上記整数形式への変換を行うことを特徴とする請求項 1 記載の浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法。

【請求項 3】 上記第 1 デジタル信号系列または上記第 2 デジタル信号系列を、ダウンサンプリングして、上記第 1 符号列を生成する際のデジタル信号系列のサンプリング周波数を、上記第 1 デジタル信号系列のサンプリング周波数を低くする過程と、

上記第 1 符号列の生成に用いたデジタル信号系列をアップサンプリングして第 1 デジタル信号系列のサンプリング周波数と同一のサンプリング周波数に変換して上記浮動小数点形式の第 3 デジタル信号系列の生成に用いるデジタル信号系列とする過程と

を有することを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法。

【請求項 4】 上記第 1 デジタル信号系列または上記第 2 デジタル信号系列を、その各サンプルの量子化精度を変換して上記第 1 符号列を生成する際のデジタル信号系列の量子化精度を、上記第 1 デジタル信号系列の量子化精度より低くする過程と、

上記第 1 符号列の生成に用いたデジタル信号系列を、その量子化精度を高くして第 1 デジタル信号系列の量子化精度と同一の量子化精度に変換して上記浮動小数点形式の第 3 デジタル信号系列の生成に用いるデジタル信号系列とする過程と

を有することを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法。

【請求項 5】 第 1 符号列を復号伸張して整数形式の第 1 デジタル信号系列を生成する過程と、

第 2 符号列を復号伸張して浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を生成する過程と、

上記整数形式の第 1 デジタル信号系列を浮動小数点形式の第 2 デジタル信号系列に変換する過程と、

上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を合成して浮動小数点形式の第 3 デジタル信号系列を生成する過程と

を有する浮動小数点形式信号系列復号化方法。

【請求項 6】 補助符号を復号して調整情報を生成する過程と、

上記整数形式の第 1 デジタル信号系列又は上記合成信号に対し、上記調整情報により桁調整する過程とを有することを特徴とする請求項 5 記載の浮動小数点形式信号系列復号化方法。

【請求項 7】 上記浮動小数点形式の第 2 デジタル信号系列に変換する前に、上記整数形式の第 1 デジタル信号系列をアップサンプリングして上記差分デジタル信号系列のサンプリング周波数と同一のサンプリング周波数に変換す

る過程を有することを特徴とする請求項 5 記載の浮動小数点形式信号系列復号化方法。

【請求項 8】 上記浮動小数点形式の第 2 デジタル信号系列に変換する前に、上記整数形式の第 1 デジタル信号系列を、各サンプルの量子化精度を変換して上記差分デジタル信号系列の量子化精度と同一の量子化精度にする過程を有することを特徴とする請求項 5 又は 7 記載の浮動小数点形式信号系列復号化方法。

【請求項 9】 入力された浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列を整数形式の第 2 デジタル信号系列に変換する整数化部と、

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列が入力され、これを可逆圧縮して第 1 符号列を生成する第 1 圧縮部と、

上記整数形式の第 2 デジタル信号系列が入力され、これを浮動小数点形式の第 3 デジタル信号系列に変換する浮動小数点化部と、

上記浮動小数点形式の第 3 デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列が入力され、これらの差分の第 4 デジタル信号系列を生成する引算部と、

上記差分の第 4 デジタル信号系列が入力され、これを可逆圧縮して第 2 符号列を生成する第 2 圧縮部と

を有する浮動小数点形式信号系列可逆符号化装置。

【請求項 10】 第 1 符号列が入力され、これを復号伸張して整数形式の第 1 デジタル信号系列を生成する第 1 伸張部と、

第 2 符号列が入力され、これを復号伸張して浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を生成する第 2 伸張部と、

上記整数形式の第 1 デジタル信号系列が入力され、これを浮動小数点形式の第 2 デジタル信号に変換する浮動小数点化部と、

上記浮動小数点形式の第 1 デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の差分デジタル信号系列が入力され、これらを合成して浮動小数点形式の第 3 デジタル信号系列を生成する合成部と

を有する浮動小数点形式信号系列復号化装置。

【請求項 11】 請求項 1～4 のいずれかに記載した浮動小数点形式信号系列可逆符号化方法の各過程をコンピュータに実行させるための符号化プログラム

。 【請求項 12】 請求項 5～8 のいずれかに記載した浮動小数点形式信号系列復号化方法の各過程をコンピュータに実行させるための復号化プログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は音声、音楽、画像などのデジタル信号をより低い情報量に圧縮された符号に変換する符号化方法、その復号化方法、符号化装置、復号化装置、これらのプログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】

音声、画像などの情報を圧縮する方法として、歪を許さない可逆な符号化方法がある。

圧縮率の高い非可逆の符号化を行い、その再生信号と原信号の誤差を可逆に圧縮することを組み合わせることで高い圧縮率で可逆な圧縮が可能となる。この組み合わせ圧縮方法が特許文献 1 に提案されている。この方法は前記文献に詳細に示されているが、以下に簡単に説明する。

符号器では、デジタル入力信号（以下、入力信号サンプル系列とも呼ぶ）が、フレーム分割部で、その入力信号サンプル系列が、例えば 1024 個の入力信号サンプルからなるフレーム単位に、順次分割され、このフレーム単位ごとにデジタル信号が非可逆圧縮符号化される。この符号化は、復号化時に元のデジタル入力信号をある程度再現できる方式であれば、入力信号に適した如何なる方式でもよい。例えば、上記デジタル入力信号が音声であれば ITU-T の G.729 標準として勧告されている音声符号化などが利用でき、音楽であれば MPEG-4 で採用されている Twin VQ (Transform-Domain Weighted Interleaved Vector Quantization) 符号化などが利用できる。この非可逆圧縮符号は局部復号され、この局部信号と元のデジタル信号との誤差信号が生成される。なお

、実際的には、局部復号はする必要なく、非可逆圧縮符号を生成する際に得られる量子化信号と元のデジタル信号との誤差を求めればよい。この誤差信号の振幅は通常は元のデジタル信号の振幅よりもかなり小さい。よって、元のデジタル信号を可逆圧縮符号化するよりも、誤差信号を可逆圧縮符号化の方が情報量を小さくできる。

【0003】

この可逆圧縮符号化の効率を上げるために、この誤差信号の符号絶対値表現（極性と絶対値の2進数）されたサンプル列のフレーム内の全サンプルに対しそれらの各ビット位置、つまりMSB, 第2MSB, ..., LSB毎に、サンプル系列方向（時間方向）にビットを連結したビット列を生成する。即ち、ビット配列の変換が行われる。この各連結した同じビット位置の1024個のビットからなるビット列をここでは便宜上「等位ビット列」と呼ぶことにする。これに対し、各サンプルの極性も含む振幅値を表す1ワードのビット列を便宜上「振幅ビット列」と呼ぶことにする。誤差信号は振幅が小さいので、各サンプルの最上位から1つ又は連続する複数のビットは全て“0”となることが多い。そこで、それらのビット位置で連結して生成した等位ビット列を予め決めた符号で表すことによって、誤差信号の可逆圧縮符号化効率を上げることができる。

【0004】

これら等位ビット列が可逆圧縮符号化される。可逆圧縮符号化としては、例えば、同一符号（1又は0）が連続する系列がある場合や頻繁に出現する系列がある場合を利用した、ハフマン符号化や算術符号化などのエントロピー符号化などを用いることができる。

復号化側では、可逆圧縮符号が復号化され、その復号信号に対し、ビット配列の逆変換が行われ、即ち、フレーム毎に等位ビット列を振幅ビット列に変換し、得られた誤差信号が順次再生される。また、非可逆圧縮符号が復号化され、この復号信号と再生された誤差信号とが加算され、最後に、フレームごとの各加算信号が順次連結されて、元のデジタル信号系列が再生される。

【0005】

音声、画像などの情報を歪を許さない可逆な符号化方法としてはその他にも各

種のものが知られている。音楽情報については例えば非特許文献1に示されている。従来の方法は何れも波形をそのままPCM信号としたものについての圧縮符号化方法であった。

しかし音楽の収録スタジオでは浮動小数点形式で波形が記録されて保存されることがある。浮動小数点形式の値は極性、指数部、仮数部に分離されている。例えば図9に示すIEEE-754として標準化されている浮動小数点形式は32ビットであり、上位ビットから極性1ビット、指数部8ビット、仮数部23ビットで構成されている。極性をS、指数部の8ビットで表す値を10進数でE、仮数部の2進数をMとすると、この浮動小数点形式の数値は絶対値表現2進数で表わすと

$$(-1)^S \times 2^{E-E_0}, E_0 = 2^7 - 1 = 127 \text{ となる。}$$

【0006】

【特許文献1】

特開 2001-44847 号公報

【非特許文献1】

Mat Hans及びRonald W.Schafer著「Lossless Compression of Digital Audio」IEEE SIGNAL PROCESSING MAGAZINE, JULY 2001, P21~32

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

音声、音楽、画像の情報が浮動小数点形式のデジタル信号系列とされている場合は、浮動小数点形式の性質上“0”と“1”からなるビット列が乱雑な場合が多くなるため、前述したビット配列変換を行っても、エントロピー圧縮符号化などによって高い圧縮率は期待できない。また浮動小数点形式のサンプル列は原アナログ波形と著しく異なったものとなりサンプル間の相関による冗長性がなく、非特許文献1に示す可逆予測符号化方法を適用しても高い圧縮率は期待できない。

この発明の目的は浮動小数点形式のデジタル信号に対して圧縮率が高く、歪が生じない可逆符号化、復号化方法、それらの装置及びそれらのプログラムを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

この発明の符号化方法によれば浮動小数点形式の第1デジタル信号系列を整数形式の第2デジタル信号系列に変換し、上記整数形式の第2デジタル信号系列を可逆圧縮して第1符号列を生成し、上記整数形式の第2デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の第1デジタル信号系列との差分と対応する浮動小数点形式の第3デジタル信号系列を生成し、上記浮動小数点形式の第3デジタル信号系列を可逆圧縮して第2符号列を生成する。

このように整数形式のデジタル信号系列に変換することにより、原アナログ波形信号に近いものとなり、信号サンプル間の相関による冗長性を除く圧縮方法により効率よく圧縮することができ、差分と対応したデジタル信号は仮数部の振幅が小さいため効率よく圧縮することができる。

【0009】

この発明の復号化方法によれば第1符号列を復号伸張して整数形式の第1デジタル信号系列を生成し、第2符号列を復号伸張して浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を生成し、上記整数形式の第1デジタル信号系列を浮動小数点形式の第2デジタル信号に変換し、上記浮動小数点形式の第1デジタル信号系列と上記浮動小数点形式の差分デジタル信号系列を合成して浮動小数点形式の第3デジタル信号系列を生成する。

【0010】

【発明の実施の形態】

第1実施形態

図1にこの発明による装置の実施形態の機能構成を示す。信号源11から例えば音楽信号のサンプル列が32ビットの浮動小数点形式のデジタル信号系列Xが出力される。24ビットの整数形式で録音された信号の素材を変形、振幅調整、効果付加、混合などの加工をした結果、小数点以下の数を含むようになったものを浮動小数点形式に変換したもの、あるいは、もともと24ビットの整数形式で録音された信号を32ビット浮動小数点形式に変換後、前記加工をした信号である。

【0011】

この浮動小数点形式のデジタル信号系列は整数化部12に入力され、各サンプルごとに整数形式のデジタル信号系列Yに変換される。先に述べたように前記例ではもともと24ビットの整数形式の信号の素材を変形、振幅調整、効果付加などの加工をした場合が多く、振幅が大きく変化することがないのが一般的である。従って整数化部12においては小数点以下を四捨五入又は切り捨て、あるいは切り上げによって整数に変換すればよい。四捨五入の場合は、小数点の次のビット、つまり指数部の値Eが例えば147であれば $147 - 127 = 20$ であるから、23ビットの仮数部M中の下位3ビットが小数点以下の値であり、下位から3ビット目が“0”であれば単に小数点以下を0とし、“1”であれば整数の1ビット目、前記例では下位から4ビット目に1を加えて、小数点以下を0とする。何れにしても小数点以下の部分があふれて、整数の1ビット目が24ビット中の最下位ビットとなるように、仮数部Mをシフトさせ、更に2の補数表現に変換する。つまり、極性Sが“0”（正）の場合は、そのまま、Sが“1”（負）であれば、最下位ビットはそのまま、他の22ビットは“0”と“1”を交換する。なお最上位ビットは極性Sをそのまま用いる。

【0012】

切り捨てにより整数化する場合は、仮数部M中の小数部分と対応する部分を全て0とし、整数部分の最下位ビットが、整数形式の24ビットの最下位ビットに位置させ、かつ2の補数表現に変換すればよい。切り上げにより整数化する場合は、仮数部Mの整数部分と対応する部分の最下位ビットに“1”を加算し、その最下位ビットが整数形式の24ビットの最下位ビットに位置するようにし、かつ2の補数表現に変換すればよい。“1”の加算をビット位置の移動の後に行ってもよい。

【0013】

上述においては、主として、仮数部Mに小数点以下の部分と対するものが0ビット以上含まれている場合を想定し、1サンプルの浮動小数点形式の32ビットデジタル信号を1サンプル24ビットの整数形式のデジタル信号に変換した。しかし、整数形式への変換の際の1加算に基づき、整数形式のビット数が24

ビットを超える場合や例えば前記 24 ビット整数形式の信号の素材の複数を混合などして加工する場合には 1 サンプルの振幅値が 24 ビットで表わされる最大値より可成り大きくなっている場合もある。このような場合は例外処理として、指数部 E の値を飽和させ、つまり前記例では指数部 E の値を $127 + 23 = 150$ とし、仮数部 M の 23 ビットをそのまま 2 の補数表現に変換して 24 ビット整数形式のデジタル信号として用いる。

【0014】

整数化部 12 では例えば図 2 に示す処理を行うことになる。まず指数部 E が 150 を超えるか、つまり整数部分が 23 ビットを超えるかを調べ (S1)、超えなければ四捨五入の場合は、仮数部 M の上位から $E - E_0 + 1$ ビット目が “1” であるかを調べ (S2)、1 であれば M の上位から $E - E_0$ ビット目に 1 を加算する (S3)。その加算結果の M' の最上位ビットが繰り上げされたかを調べ (S4)、繰り上げされていなければ、その加算結果の仮数部 M' を下位に、 $23 - (E - E_0)$ ビットだけシフトし (S5)、そのシフトしたものを極性 S を加味して 2 の補数表現の 24 ビット整数形式に変換して 1 サンプルの整数形式デジタル信号 (値) を得る (S6)。つまり最上位ビットに極性 S をそのまま用い、残りの 23 ビットは、極性 S が “0” (正) であればステップ S5 でシフトした整数部分の最下位ビットから 23 ビットまでをそのまま用い、S が “1” (負) であれば前記シフトした整数部の最下位ビットから 23 ビットまでを、最上位ビットはそのまま、他の 22 ビットはビット反転して用いる。

【0015】

ステップ S2 で仮数部 M の上位から $E - E_0 + 1$ ビット目が 1 でなければステップ S5 へ移り、仮数部 M に対し下位へのシフトを行う。ステップ S1 で指数部 E が 150 を超えていれば、その指数部 E を 150 として指数部 E を飽和させてステップ S6 に移る (S7)。ステップ S4 で繰り上げがされていればステップ S7 へ移る。

【0016】

以上のようにして整数化部 12 で変換された整数形式のデジタル信号系列 Y は圧縮部 13 で整数値として波形値の相関などを利用した効率のよい可逆圧縮法

により圧縮符号化されて符号列 a として出力される。圧縮部 13 における可逆圧縮は例えば前記非特許文献 1 に示すように各サンプルごとに予測値（整数値）との差分を求め、その差分の系列を、従来の技術の項で述べたようにビット配列変換を行った後、つまり等位ビット列についてエントロピー符号化すればよい。つまり整数形式のデジタル信号系列 Y は信号源 11 の浮動小数点形式のデジタル信号系列 X の原アナログ波形信号と近似したものとなっている。従ってこのデジタル信号系列 X は予測や変換を使って信号サンプル間の相関による冗長性を除くことにより効率の高い可逆圧縮符号化が可能となる。

【0017】

また整数形式のデジタル信号系列 Y と信号源 11 よりの浮動小数点形式のデジタル信号系列 X との対応サンプルごとの差分（誤差部）と対応する浮動小数点形式のデジタル信号系列 Z が差分生成部 14 で生成される。この例では整数形式のデジタル信号系列 Y は浮動小数点化部 15 で浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' に再変換され、その再変換された浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' が原浮動小数点形式のデジタル信号系列 X から減算部 16 で差し引かれて浮動小数点形式の差分デジタル信号系列 Z が生成される。浮動小数点化部 15 での変換は 1 サンプルの整数形式デジタル信号が 24 ビットの場合、まったくあいまい性や例外なく 32 ビットの浮動小数点形式のデジタル信号に変換可能である。前述したように原浮動小数点形式のデジタル信号系列 X の指数部 E は 22 以下の場合が多く、この場合は整数形式のデジタル信号系列 Y と原浮動小数点形式のデジタル信号系列 X との差分デジタル信号系列 Z の各サンプルの値は小数点以下の値となる。なお前述したように $E > 150$ の例外的な場合はそのことを示す例外信号 4 を差分生成部 14 に与え、差分生成部 14 は指数部 E が $(E - 150)$ 、つまり指数部差分、仮数部が 0 の浮動小数点形式のデジタル信号を、信号系列 Z のそのサンプル対応のデジタル信号として出力する。

【0018】

整数形式のデジタル信号系列 Y と浮動小数点形式のデジタル信号系列 X との対応サンプルごとの誤差信号系列 Z、つまり差分生成部 14 からの浮動小数点

形式のデジタル信号系列 Z は圧縮部 17 で可逆圧縮符号化され、符号列 b として出力される。浮動小数点形式のデジタル信号系列 Z は前述したように、各サンプルが小数点以下の小さい値であるため、つまり仮数部の振幅が小さいのでエントロピー符号化などにより能率よく可逆圧縮符号化が可能である。この圧縮部 17 では圧縮効率を上げるために、指数部 E と仮数部 M とを分離して、それぞれに適した可逆圧縮符号化して符号列 b1 と b2 として出力するのがよい。

【0019】

図 3 に図 1 に示した符号化装置と対応するこの発明による復号化装置の実施形態を示す。

入力された符号列 a は伸張部 21 で可逆伸張復号化される。この可逆伸張復号化方法は、図 1 中の圧縮部 13 で行った可逆圧縮符号化方法と対応し、その処理と逆の処理を行う。よってこの可逆伸張復号化により 1 サンプル 24 ビットの整数形式のデジタル信号系列 Y が生成される。

【0020】

この整数形式のデジタル信号系列 Y は浮動小数点化部 22 で 1 サンプル 32 ビットの浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' に変換される。一方、入力された符号列 b は伸張部 23 で可逆伸張復号化される。この可逆伸張復号化方法は、図 1 中の圧縮部 17 で行う可逆圧縮方法と対応したものとする。よってこの可逆伸張復号化によって浮動小数点形式のデジタル信号系列 Z が生成される。

この浮動小数点形式のデジタル信号系列 Z と浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' が合成部 24 で対応サンプルごとに加算合成され、浮動小数点形式のデジタル信号 X が再生される。

【0021】

第 2 実施形態

この第 2 実施形態の符号化装置の機能構成例を図 4 に図 1 と対応する部分に同一参照番号を付けて示す。この第 2 実施形態では浮動小数点形式のデジタル信号系列 X を、サンプル列分割部 31 で複数のサンプルごとに、あるいはフレームに分割し、この分割単位ごとに桁調整部 32 で、整数形式のデジタル信号系列の各サンプル対応値の桁数が適当な大きさ、つまり少なくとも整数形式に変換し

た際に24ビット以内に納まるように指数部Eに対して桁調整を行う。

【0022】

つまり浮動小数点形式のデジタル信号系列Xの振幅が大きく、各指数部Eがもともと150を超えている場合は整数形式のデジタル信号系列Y'の各サンプルの24ビット中の下位桁は全て0となり、仮数部Mの情報が失われる。あるいは浮動小数点形式のデジタル信号系列Xの振幅が大きく、各指数部Eが150に近い値の場合は整数形式のデジタル信号系列に変換した際に、そのサンプルごとのデジタル値が頻繁に24ビット整数値を超えることがある。これらのことが生じないように、デジタル信号系列Xの指数部Eを、桁調整部32において、前記分割単位ごとに、調整情報 ΔE だけ差し引いて150より小さい値とする。

【0023】

また浮動小数点形式のデジタル信号系列Xの振幅が小さく、変換された整数形式のデジタル信号系列Yの各サンプル対応の24ビット中の最上位ビットの極性Sを除き、上位の21～23ビットは常に全て0となり、整数形式のデジタル信号系列の波形がアナログ波形に近いものとならず、整数形式のデジタル信号系列Yに変換する効果、つまり高い圧縮率で可逆圧縮符号化することが得られなくなる。また整数形式のデジタル信号系列Yと浮動小数点形式のデジタル信号系列Xとの誤差(差分)と対応した浮動小数点形式のデジタル信号系列Zの仮数部Mは大きな振幅をとり、つまり全てのサンプルについて0となるビットの数が少なくなり、圧縮効率を上げることができない。

【0024】

このような問題が生じないように桁調整部32では分割単位ごとに各指数部Eに調整情報 ΔE だけ加算して、仮数部M中の多くの情報が整数形式のデジタル信号系列Yに含まれるようにする。この場合、整数形式に変換した際に1サンプルのビット数が24を超えないようにする。

桁調整部32における調整情報 ΔE は分割単位で変更が可能である。桁調整部32において分割単位ごとに指数部Eの最大を調べ、整数化した時に1サンプルが24ビットを超えない範囲で仮数部Mの情報をなるべく利用できるように調整

情報 ΔE を決めればよい。

【0025】

このようにして桁調整された浮動小数点形式のデジタル信号系列を整数化部 12 で整数形式のデジタル信号系列 Y に変換しこの信号系列 Y を圧縮部 13 で可逆圧縮符号化して符号列 b を生成することは第 1 実施形態と同様である。

復号化の際に、符号化の際の浮動小数点形式のデジタル信号系列 X を可逆に得られるように調整情報 ΔE は補助符号化部 33 でその極性、つまり加算か減算かを含めて符号化して補助符号列 c を生成する。

【0026】

図 4 に示した実施形態では、差分生成部 14 において逆桁調整部 34 で、整数形式のデジタル信号系列 Y を、対応分割単位ごとの調整情報 ΔE だけ逆に桁調整する。つまり桁調整部 32 で調整情報 ΔE を加算した場合は逆桁調整部 34 において対応サンプルのデジタル信号の最上位ビットを除く 23 ビットを ΔE ビットだけ下位にシフトし、シフトで空いた各ビットに 0 を詰め、調整情報 ΔE を減算した場合は、対応サンプルのデジタル信号の最上位ビットを除く 23 ビットを ΔE ビットだけ上位にシフトし、つまり ΔE ビットだけあふれさせ、下位 ΔE ビットに 1 を詰める。

【0027】

この桁を逆調整した整数形式のデジタル信号系列を浮動小数点化部 15 で浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' に変換し、この浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' と原浮動小数点形式のデジタル信号系列 X との差分を減算部 16 で求め、この差分の浮動小数点形式のデジタル信号系列 Z を圧縮部 17 で可逆圧縮符号化して符号列 b を出力する。この場合は分割単位の符号列 a と b と補助符号 c が出力されることになる。サンプル列分割部 31 は図 4 中に破線で示すようにサンプル列分割した浮動小数点形式のデジタル信号系列 X が桁調整部 32 と減算部 16 に供給されるように設けてもよい。

【0028】

図 5 に図 4 に示した符号化装置と対応する復号化装置の機能構成例を、図 3 の復号化装置と対応する部分に同一参照番号を付けて示す。符号列 a は伸張部 21

で分割単位で可逆伸張復号化され、整数形式のデジタル信号系列 Y が生成される。この実施形態では補助復号部 41 で補助符号 c が復号されて調整情報 ΔE が生成される。この調整情報 ΔE により整数形式のデジタル信号系列 Y に対する桁補正が桁補正部 42 で行われる。調整情報 ΔE が $-\Delta E$ であればデジタル信号系列 Y の各サンプル対応のビットを上位へ ΔE ビットシフトし、 $+\Delta E$ であればデジタル信号系列 Y の各サンプル対応のビットを下位へ ΔE ビットシフトする。この際、図 4 中の逆桁調整部 34 と同様に 1 又は 0 詰めを行う。

【0029】

この桁補正部 42 より整数形式のデジタル信号系列を浮動小数点化部 22 で浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' に変換し、これと、符号列 b を伸張部 23 で可逆伸張復号化した浮動小数点形式のデジタル信号系列 Z と合成部 24 で加算合成する。この加算合成したデジタル信号を必要に応じて連結部 43 により連続するサンプル列に連結して再生浮動小数点形式のデジタル信号列 X を得る。

【0030】

変形例

図 6 に図 4 と対応する部分に同一参照番号を付けて示すように、整数形式のデジタル信号系列 Y に対し、逆桁調整を行うことなく、浮動小数点形式のデジタル信号系列に浮動小数点化部 15 で変換し、この変換された浮動小数点形式のデジタル信号系列と桁調整部 32 で桁調整された浮動小数点形式のデジタル信号系列との差分を減算部 16 で求め、浮動小数点形式の誤差デジタル信号系列 Z を求めてもよい。つまり差分生成部 14 は原浮動小数点形式のデジタル信号系列 X と整数形式のデジタル信号系列 Y との誤差デジタル信号系列 Z を浮動小数点形式で求めればよく、図 1、図 4、図 6 に示す何れの構成によってもよい。

【0031】

図 6 と対応して復号化装置では図 7 に示すように伸張部 21 で可逆伸張復号化した整数形式のデジタル信号系列 Y を、まず浮動小数点化部 22 で浮動小数点形式のデジタル信号系列に変換し、これと、伸張部 23 で可逆伸張復号化した

浮動小数点形式のデジタル信号系列を合成部 24 で加算合成し、その後、その合成デジタル信号に対し、その指数部 E を、補助復号部 41 により復号された調整情報 ΔE で桁補正部 42 において桁補正して、再生浮動小数点形式のデジタル信号系列 X を得るようにしてもよい。

【0032】

上述においては符号化装置における減算部 16 の引き算は通常の浮動小数点の引き算、つまり 2 つの値の指数部 E が互いに異なる場合は、大きい指数部 E に桁を合わせて仮数部の計算を行うことを想定した。この場合指数部 E が小さい方の値の仮数部の下位の桁が失われて、復号化装置で正確に原浮動小数点形式のデジタル信号系列 X を再生できなくなることがある。このために特別の処理が必要となる。復号化装置における合成部 24 の加算についても同様のことが云える。

【0033】

この問題を解消するため指数部 E と仮数部 M とを桁合せをすることなく別々に計算する。図 8 に示すように、デジタル信号系列 X の指数部 E とデジタル信号系列 Y' の指数部 E との差分を指数減算部 16 E で求め、デジタル信号系列 X の仮数部 M とデジタル信号系列 Y' の仮数部 M との差分を仮数減算部 16 M で求め、指数減算部 16 E の減算結果をデジタル信号系列 Z の指数部 E とし、仮数減算部 16 M の減算結果をデジタル信号系列 Z の仮数部 M とする。

【0034】

同様に復号化装置における合成部 24 の加算を、図 8 中に括弧書きで示すように、デジタル信号系列 Z の指数部 E と、デジタル信号系列 Y' の指数部 E とを指数加算部 24 E で加算し、デジタル信号系列 Z の仮数部 M と、デジタル信号系列 Y' の仮数部 M とを仮数加算部 24 M で行い、指数加算部 24 E の加算結果をデジタル信号系列 X の指数部 E とし、仮数加算部 24 M の加算結果をデジタル信号系列 X の仮数部 M とする。

【0035】

このようにすると浮動小数点数値の絶対値が整数表現の最大値より大きくなったときでも、整数に変換するときに整数の最大値に飽和させておけばよい。仮数部、指数部ごとに情報が保存されるので浮動小数点の値としてすべてのビットが

再構成されるので例外扱いは不要になる。

従って、図 1、図 4、図 6 中の減算部 16 の減算は桁合せをして行う通常の浮動小数点の減算でも、指数部と仮数部とを別々に行う減算でもよい。同様に図 3、図 5、図 7 中の合成部 24 の加算は桁合せをして行う通常の浮動小数点の加算でも、指数部と仮数部とを別々に行う加算でもよい。

【0036】

図 10 に示すように、浮動小数点形式のデジタル信号系列 X をダウンサンプル部 36 でサンプリング周波数を低い周波数にダウンサンプリングし、この低いサンプリング周波数に変換された浮動小数点形式のデジタル信号系列を整数化部 12 で整数形式のデジタル信号系列 Y に変換し、このデジタル信号系列を圧縮部 13 へ供給すると共にアップサンプル部 37 へ供給して、アップサンプリングを行って、浮動小数点形式のデジタル信号系列 X と同一サンプリング周波数の整数形式のデジタル信号系列に変換し、このアップサンプリングされた整数形式のデジタル信号系列を浮動小数点化部 15 へ供給して、浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' に変換してもよい。

【0037】

このダウンサンプリングは整数化部 12 の入力に対してではなく、整数化部 12 から出力される整数形式のデジタル信号系列に対して行ってもよい。つまり図 10 中に破線枠 36 で示すように、整数化部 12 の出力側にダウンサンプル部 36 を挿入してもよい。いずれにしても復号側においては図 11 に示すように伸張部 21 で復号された整数形式のデジタル信号系列 Y はアップサンプル部 45 でアップサンプリングされて、そのサンプリング周波数が、図 10 中の符号化側におけるダウンサンプル部 36 の入力デジタル信号系列と同一のサンプリング周波数に変換されて、浮動小数点化部 22 へ供給される。

【0038】

このようにダウンサンプル部 41 を設けるのは、このようにすれば全体としての圧縮効率が向上する場合である。これは信号源 11 から出力されるデジタル信号系列 Y により予め、知られている場合は、ダウンサンプル部 41 でのダウンサンプリング率を固定しておけばよい。しかし、デジタル信号系列 X における

区間に応じて、ダウンサンプリングした方がよかったり、また、そのダウンサンプリング率も変更した方がよい場合は、図10中に破線で示すようにサンプル列分割部31を設けて、浮動小数点形式のデジタル信号系列Xを所定サンプル毎に分割し、その分割区間毎に、ダウンサンプリング行わない場合と行った場合とで、その分割区間ごとの全体として圧縮効率、つまり圧縮部13の出力符号aのビット数と圧縮部17の出力符号bのビット数との和が、いずれが小さいかを評価部38で評価し、圧縮効率が高い、つまり符号aと符号bのビット数の和が小さくなるように、ダウンサンプル部36でダウンサンプリングを行うか否か、あるいは更にダウンサンプリングの率を高く、つまり更にサンプリング周波数を低くした方がよいかを判定して、その良い方又は最も良いものと対応する符号aとbを出力し、かつ、その出力する符号aを対応するダウンサンプリングしたか否かを示す符号、又はダウンサンプリングの率を表す補助情報を補助符号化部39で、補助符号dとして出力する。

【0039】

一方復号側では図11に示すように、補助復号部46により補助符号dを復号し、その復号された補助情報に基づきアップサンプル部45で予め決めた率でアップサンプリングを行うか否か、またはその復号結果が表すアップサンプリング率でアップサンプリングをアップサンプル部45で行わせる。

同様に、全体の圧縮効率を上げるために符号化側で浮動小数点形式のデジタル信号系列Xを整数形式のデジタル信号系列Yに変換する際に、故意に精度を落として、例えば16ビットの整数のデジタル信号系列に変換してもよい。つまり図10中に括弧書きで示すように、移動小数点形式のデジタル信号系列Xを精度調整部41で1サンプルの量子化精度（振幅を表わすビット数）を落とし（ビット数を減少し）、具体的には例えば指数部Eが150の場合に、極性Sが（0）正なら指数部Eを142とし、極性Sが1（負）なら指数部Eを158とする。このように精度変換された浮動小数点形式のデジタル信号系列を整数化部12で整数形式のデジタル信号系列Yに変換し、このデジタル信号系列を圧縮部13へ供給すると共に逆精度調整部42へ供給して、移動小数点形式のデジタル信号系列Xと同一量子化精度（振幅ビット数）の整数形式のデジタル信

号系列に変換し、この精度変換された整数形式のデジタル信号系列を、浮動小数点化部 15 へ供給して、浮動小数点形式のデジタル信号系列 Y' に変換する。

【0040】

復号側では伸張部 21 で伸張復号された整数形式のデジタル信号系列 Y を、精度調整部 45 で符号化側の逆精度調整部 37 で行った精度調整量と同一量の精度調整を行って浮動小数点化部 22 へ供給する。この精度調整も、固定的に行ってもよいが、サンプリング周波数の調整と同様に、評価部 38 で分割区間ごとに精度調整を行うか否か、あるいはどの程度行うかを評価し、圧縮効率が向上するようにしても良い。この場合はその精度調整についての補助符号 d を出力する。復号化側では補助復号部 46 で復号した補助情報に基づき、精度調整部 45 で精度調整をするか否か、あるいはその精度情報に応じた量だけ量子化精度の調整を行う。

【0041】

符号化側において、上述した桁調整、サンプリング周波数の調整、量子化精度の調整はこれらの 2 つ、または全部を併用してもよい。これに応じて、復号化側において桁調整、サンプリング周波数調整、量子化精度調整の 2 つまたは 3 つが併用されることになる。

図 1、図 4、図 6 に示した符号化装置はコンピュータにより機能させてもよい。その場合は、符号化装置としてコンピュータを機能させるための符号化プログラムを、CD-ROM、磁気ディスクなどの記録媒体から、または通信回線を介して、コンピュータにダウンロードし、このプログラムをコンピュータに実行させればよい。同様に図 3、図 5、図 7 に示した復号化装置もコンピュータにより機能させてもよく、その場合は前記復号化装置としてコンピュータを機能させるための復号化プログラムを用いればよい。

この発明は音楽信号のみならず、音声信号、画像信号などに対しても適用することができる。

【0042】

【発明の効果】

この発明によれば、浮動小数点形式のサンプル系列、デジタル信号系列を能率よく可逆圧縮することが可能となる。また通常の整数形式の系列の圧縮符号化モジュールを利用することができて、整数形式と浮動小数点形式の両方に対応しても処理の装置規模、プログラム規模はあまり大きくならない。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

この発明の第 1 実施形態の符号化装置の機能構成を示す図。

【図 2】

図 1 中の整数化部 12 における処理手順の例を示す流れ図。

【図 3】

この発明の第 1 実施形態の復号化装置の機能構成を示す図。

【図 4】

この発明の第 2 実施形態の符号化装置の機能構成を示す図。

【図 5】

この発明の第 2 実施形態の復号化装置の機能構成を示す図。

【図 6】

この発明の第 2 実施形態の符号化装置の変形機能構成を示す図。

【図 7】

この発明の第 2 実施形態の復号化装置の変形機能構成を示す図。

【図 8】

浮動小数点の加、減算を指数部、仮数部別々に行う構成を示す図。

【図 9】

IEEE-754 の 32 ビット浮動小数点のフォーマットを示す図。

【図 10】

この発明による符号化方法の他の実施形態を説明するための符号化装置の機能構成例を示す図。

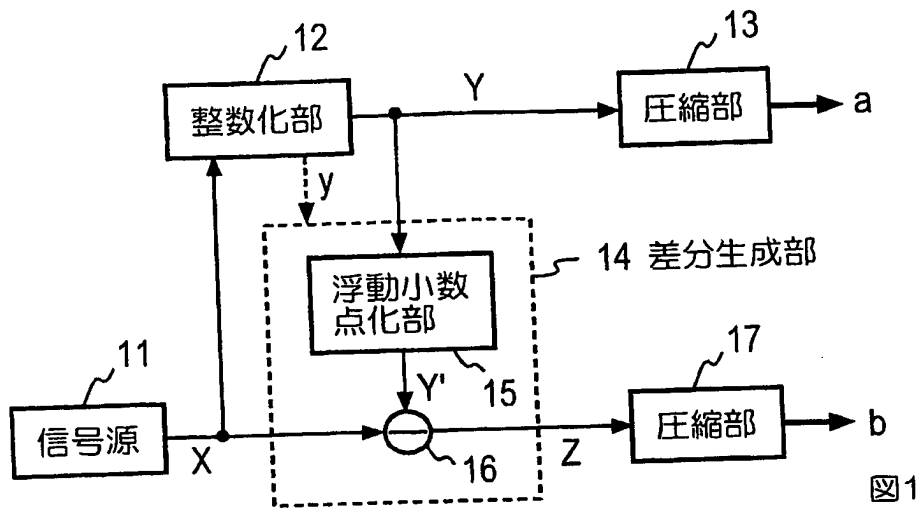
【図 11】

この発明による復号化方法の他の実施形態を説明するための復号化装置の機能構成例を示す図。

【書類名】

図面

【図 1】



【図 2】

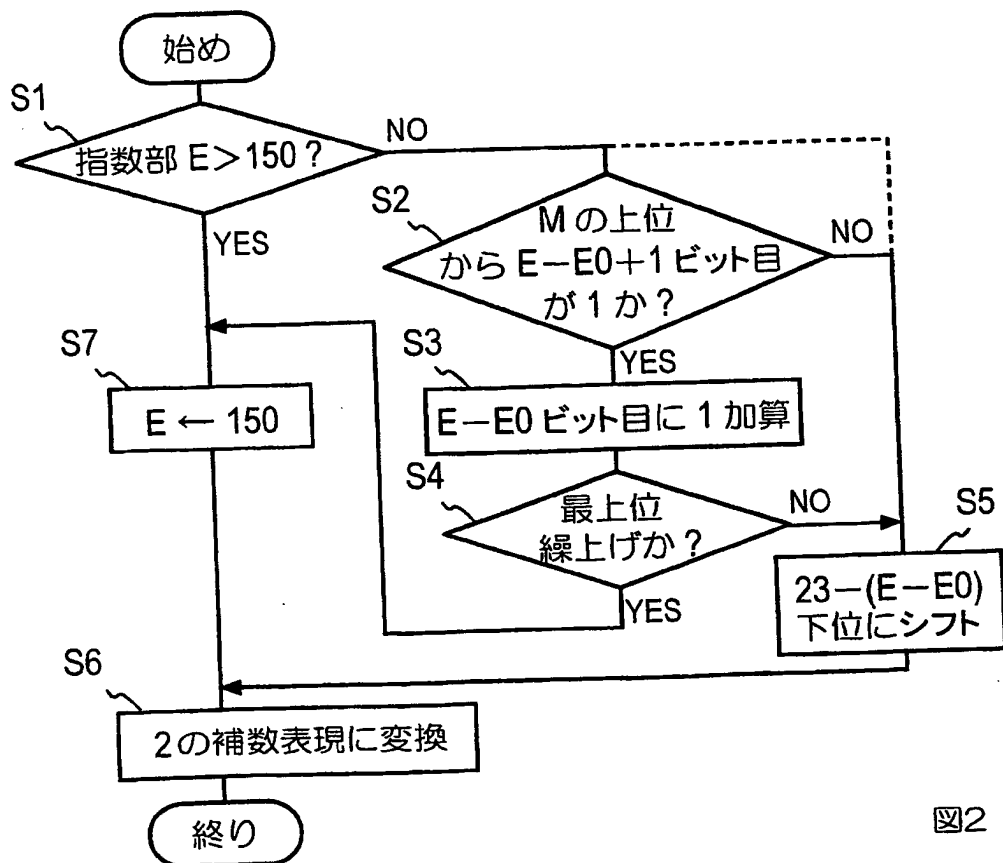


図2

【図 3】

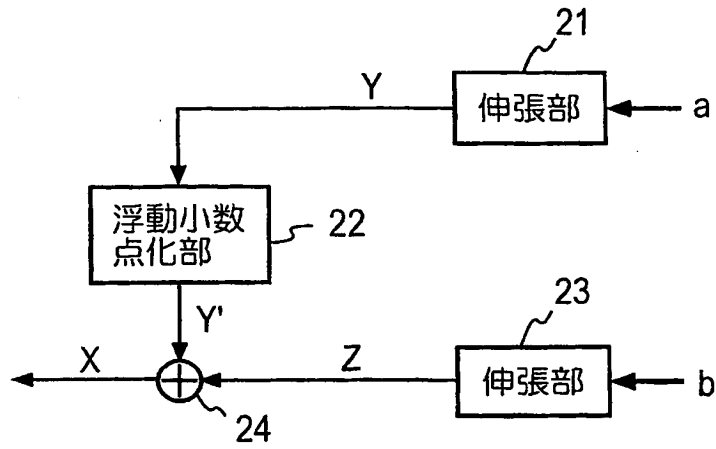


図3

【図 4】

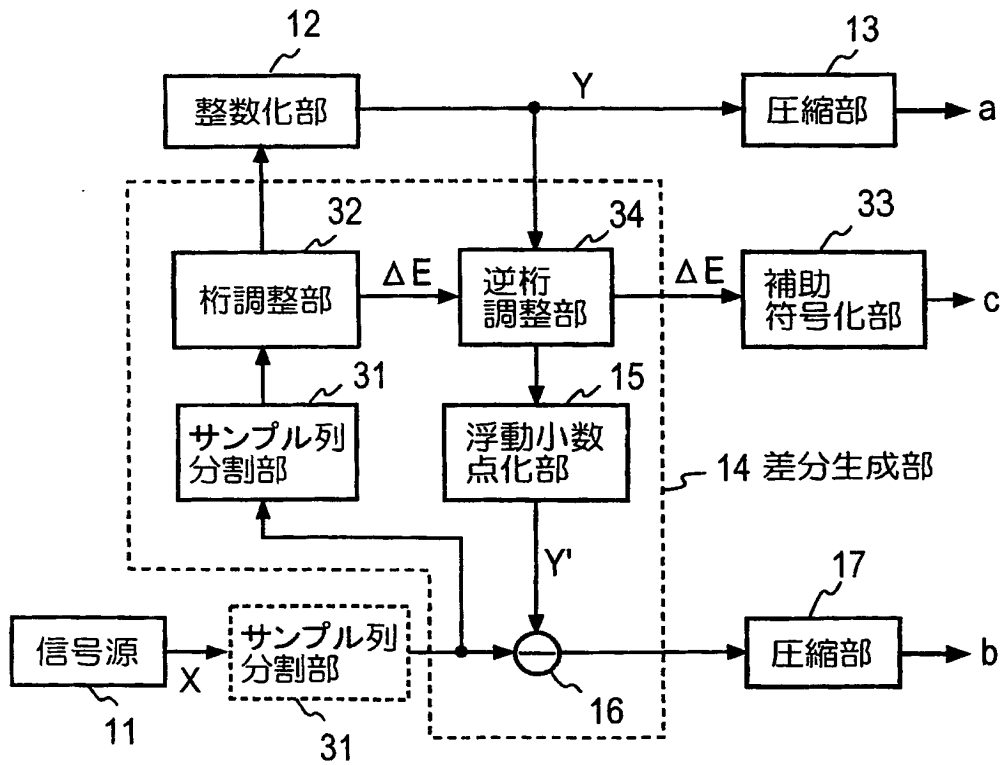


図4

【図 5】

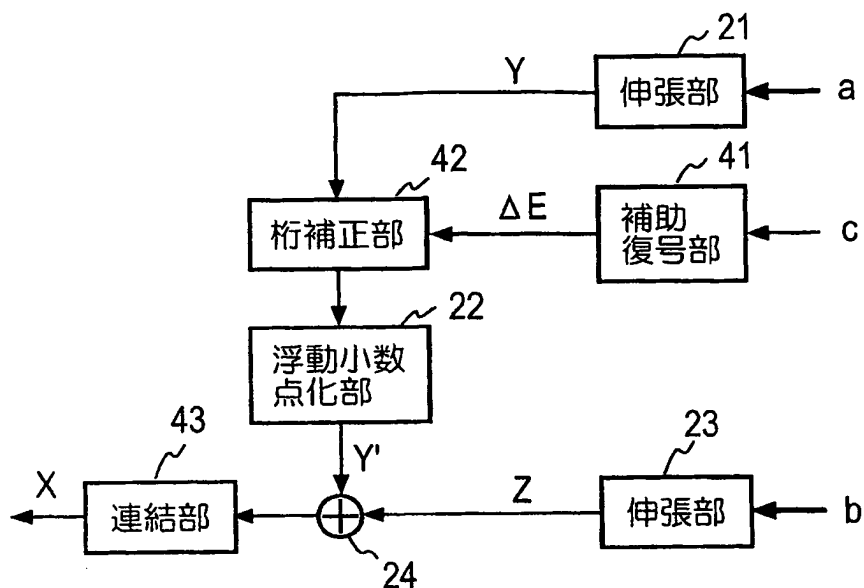


図5

【図 6】

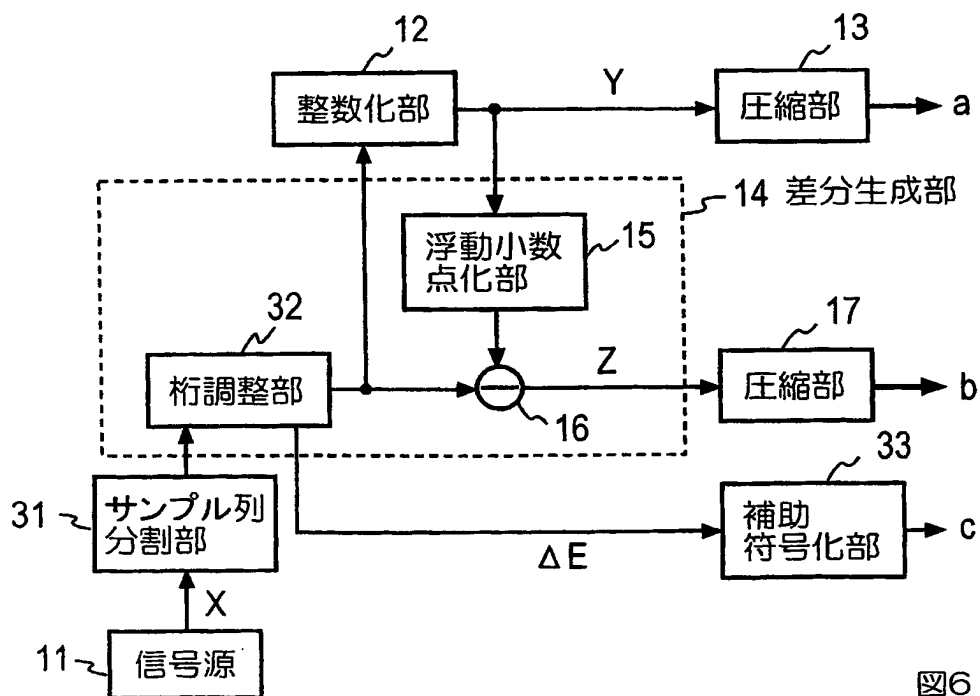
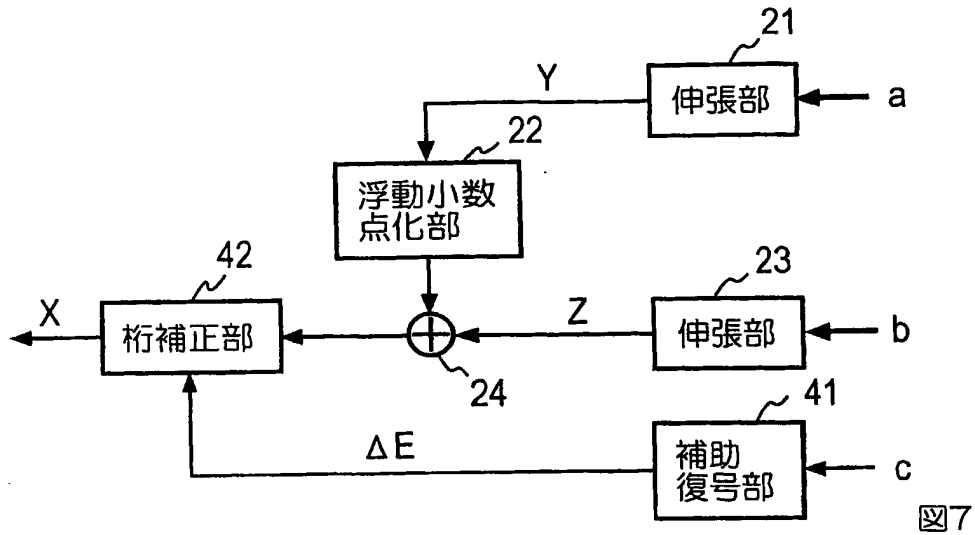
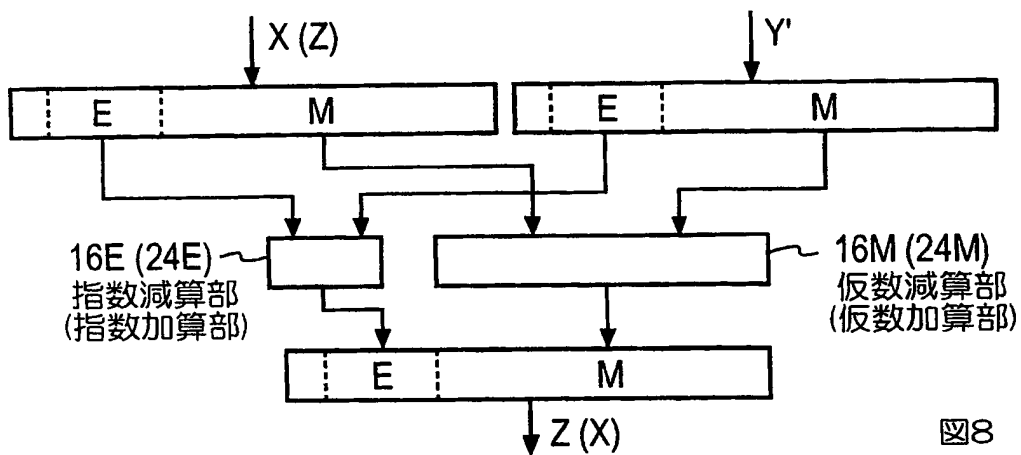


図6

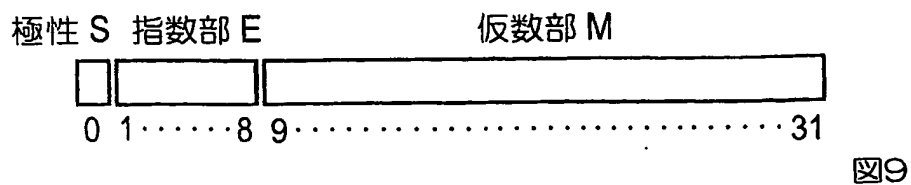
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

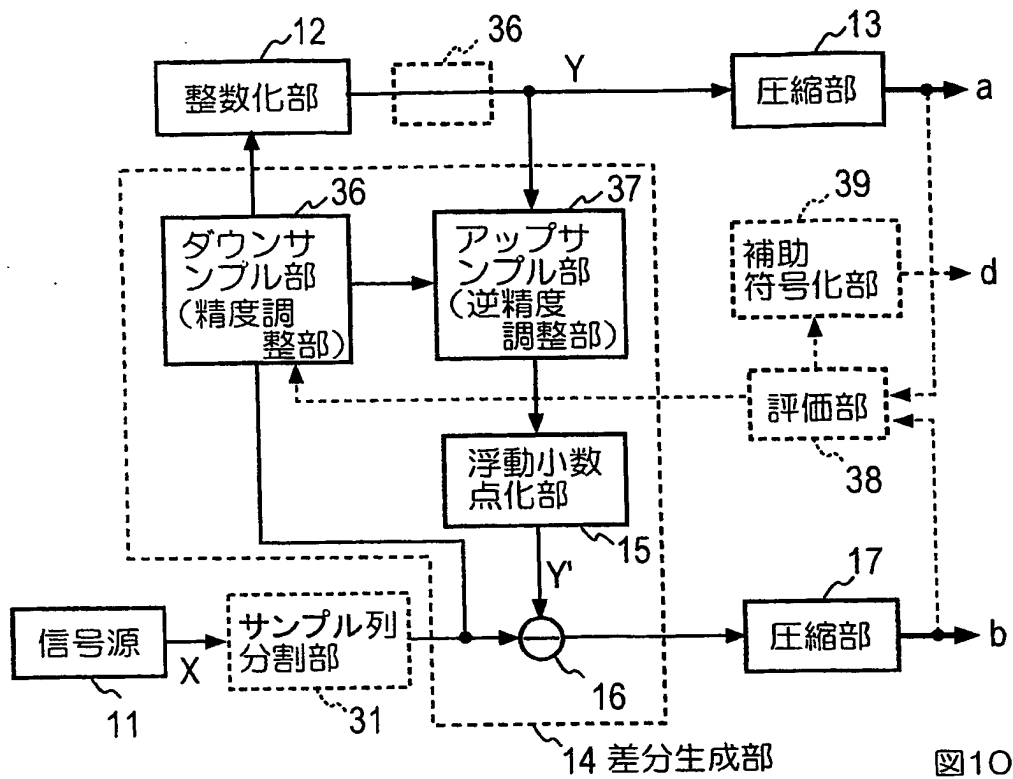


図10

【図 11】

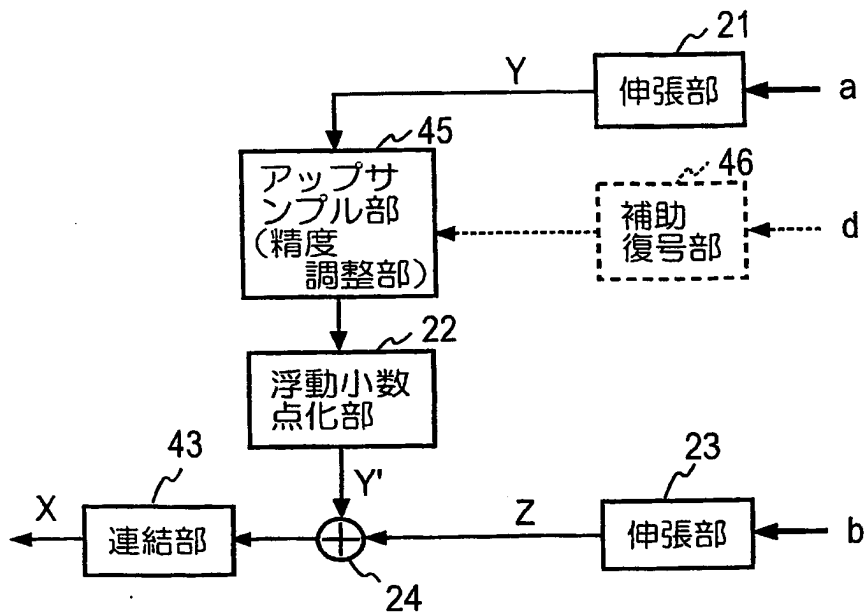


図11

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 浮動小数点形式のデジタル信号系列を効率よく可逆圧縮する。

【解決手段】 各サンプルが極性、8ビットの指数部E、23ビットの仮数部Mよりなる浮動小数点形式デジタル信号系列Xを、整数化部12で四捨五入、切り捨て、切り上げの何れかにより、整数形式デジタル信号系列Yに変換し、信号系列Yを圧縮部13で各サンプルの整数値予測誤差を求め、その誤差をエントロピ符号化して符号列aを出力する。信号系列Yを浮動小数点形式信号系列Y'に浮動小数点化部15で変換し、信号系列Y'と信号系列Xとの誤差信号系列Zを減算部16で求め、信号系列Zをエントロピ符号化して符号列bを出力する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 1 2 4 0 1 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 2 6]

1. 変更年月日

1 9 9 9 年 7 月 1 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

氏 名

日本電信電話株式会社